１１．発振回路

１１．１ 目的

本実験ではトランジスタによる発振回路を作製し、オシロスコープにて各端子の波形を測定することにより発振器の原理について理解を深める。

１１．２ 概要

発振回路は時計、テレビ、ラジオ、コンピュータなどの電子機器にとってはなくてはならない重要なものであり、このような重要な位置を占める発振器の原理について勉強することは大変重要なことと思われる。本実験ではトランジスタを用いた CR による弛張発振と移相発振回路についてその発振に関する基礎的な事柄について勉強する。

１１．３ 使用機器

直流安定化電源
オシロスコープ
発振器
ソルダレス・ブレットボード
発光素子 LED
コイル
トランジスタ
抵抗及び可変抵抗
コンデンサ
移相発振回路のモジュール

以下、本実験で用いる記号はそれぞれ次の通りである。

※MOS: Metal Oxide Semiconductor , FET : Field Effect Transistor
LED: Light Emitted Diode
Oscillator: An electronic circuit designed to produce an ideally stable alternating voltage or current

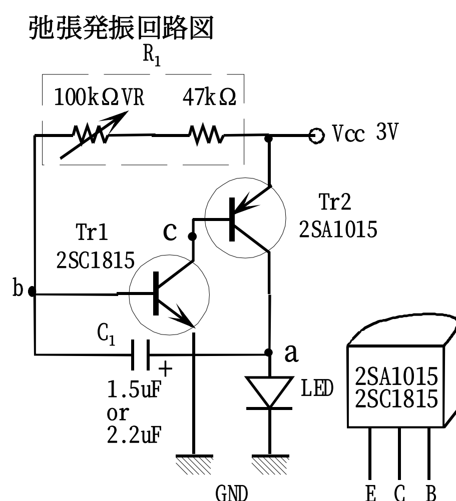
１１．４ 実験

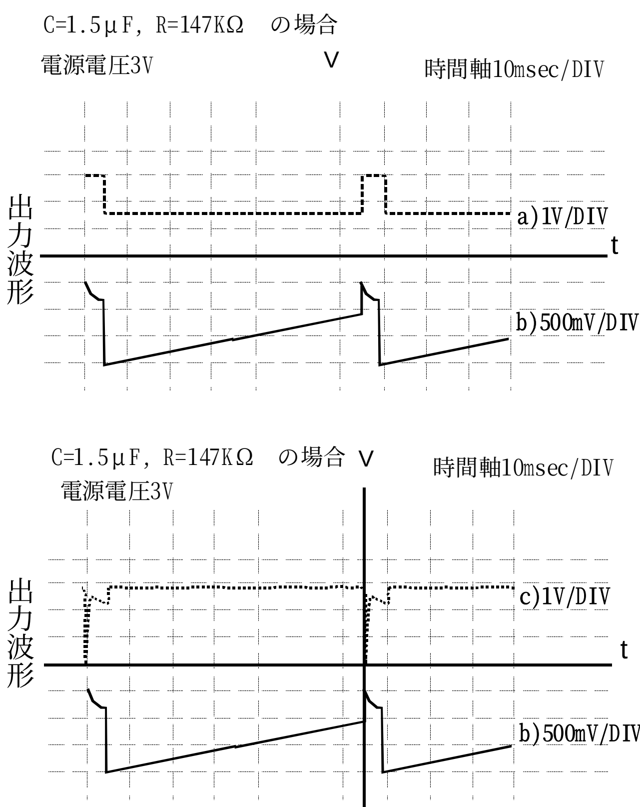
１１．４．１ 弛張発振回路（Relaxation oscillator）

弛張発振の原理はコンデンサC_1に抵抗R_1を接続し充電して行き、その電圧がTr_1のスレシュホー

ルド（threshold）電圧（シリコントランジスタの場合、約 0.5 から 0.6V）になった時、Tr_1がONになり、それがトリガーになりTr_2もONになりLEDに電流が流れ発光する。この時LEDにより電圧降下が生じTr_2のコレクタ電圧が上昇することになる。このことによりTr_2のコレクタ側に接続されているコンデンサの端子電圧が正になるためコンデンサC_1はその瞬間に放電したことになりTr_1とTr_2はOFFになり再びR_1を通してコンデンサC_1に充電を開始する事になる。

１）図の弛張発振回路を作成する。
２）電源の接続は回路図のチェックが終了し配線間違いの無いことを確かめてから行う。
３）電源を接続し半固定抵抗により LED の点滅周期が変化することを確認する。
４）出力波形をオシロスコープにて測定し、その波形の図を例にならって作成する。
５）実験から発振周波数とTr_1のスレシュホールド（threshold）電圧を求める。





弛張発振回路図の部品表

品名	規格	個数	備考
抵抗	47KΩ	1個	
可変抵抗	100KΩ	1個	
コンデンサ	1.5μF	1個	
トランジスタ	2SC1815	1個	
	2SA1015	1個	
発光ダイオード	LED	1個	

図 11-1 弛張発振回路

１１．４．２ 移相発振回路（Phase shift RC oscillator）

　発振する条件は角周波数をω、抵抗Rとコンデンサ－Cで構成される移相回路の入力電圧をV_i、出力電圧をV_0とすると以下の式で表される。

$$V_0 = \frac{(\omega CR)^3 V_i}{(\omega CR)^3 - 5\omega CR - j\left\{6(\omega CR)^2 - 1\right\}} \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

(1)式で位相を 180 度回転させるためには、虚数部がゼロでなければならないので

$$6(\omega CR)^2 - 1 = 0 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

となり、この式から

$$f = \frac{1}{2\pi CR\sqrt{6}} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

ただし $\omega = 2\pi f$

よって(1)式は、$V_0 = \frac{(\omega CR)^3 V_i}{(\omega CR)^3 - 5\omega CR} \cdots\cdots\cdots\cdots(4)$

また(2)式から $\omega CR = 1/\sqrt{6}$ を(4)式に代入すると

$$V_0 = \frac{\left(\frac{1}{\sqrt{6}}\right)^3 V_i}{\left(\frac{1}{\sqrt{6}}\right)^3 - 5\frac{1}{\sqrt{6}}} = -\frac{V_i}{29} = -0.0344 V_i \cdots\cdots(5)$$

１）モジュールとして用意してある移相発振回路と回路図を比較し、対応を確認する。

２）オシロスコープを出力端子に接続し、出力波形がきれいな正弦波になるようにボリューム (VR_1)を調整する。

３）回路図の A、B、C、D 点においてどのような出力波形になっているかをオシロスコープにて測定し、それぞれの波形の図を例にならって作成する。

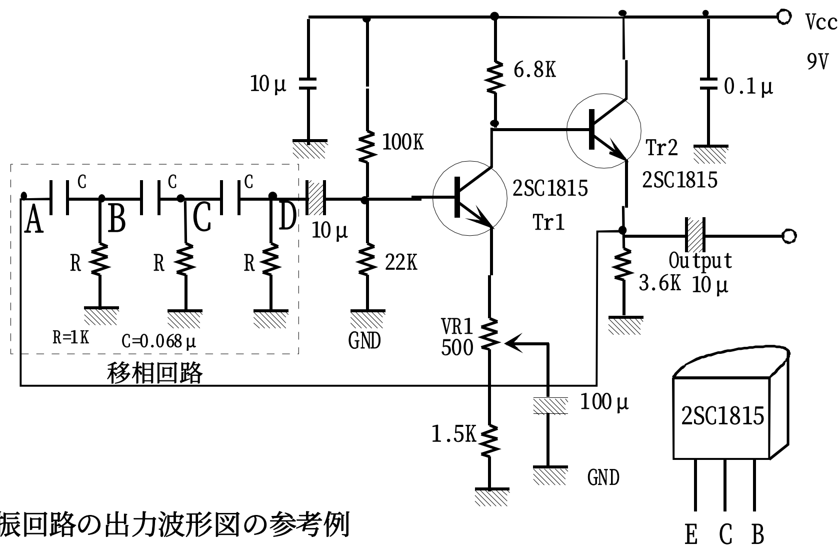
４）図からそれぞれの出力電圧と位相がどのような関係になっているかを調べる。

５）実験から求めた周波数の値が（3）式で求められる周波数と一致することを確かめる。

※ 移相回路の R の値を大きくすると、エミッタ接地増幅回路の入力インピーダンスによって影響を受けるので、入力インピーダンスの（1/10）以下にしたほうが良い、この場合 1kΩにした。

正帰還ループの利得が１になるようにVR_1で調整することによって、きれいな正弦波が得られる。なおエミッタ接地増幅回路の出力インピーダンスは高いので、入力位相差のないエミッタ・フォロワ接続にて出力インピーダンスを下げてから移相回路に接続している。

移相型ＣＲ発振回路図



移相型ＣＲ発振回路の出力波形図の参考例

電源電圧9V　V　時間軸0.2msec/DIV

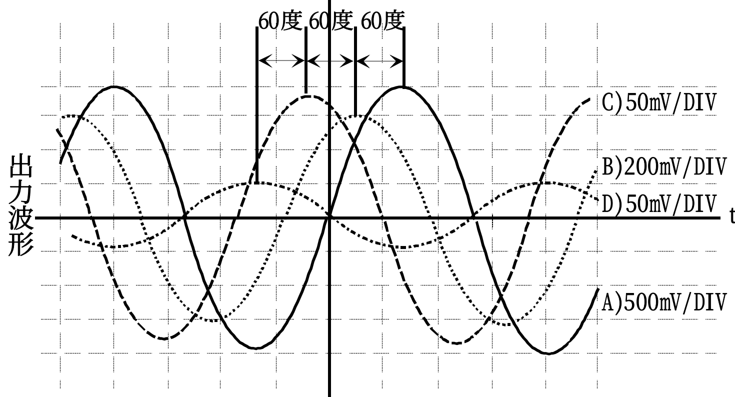


図 11-2 移相発振回路

移相発振回路の部品表

品名	規格	個数	備考
抵抗	1K	3個	
	22K	1個	
	100K	1個	
	6.8K	1個	
	1.5K	1個	
	3.6K	1個	
可変抵抗	500	1個	
コンデンサ	0.068μ	3個	
	100μ	1個	
	0.1μ	1個	
	10μ	2個	
トランジスタ	2SC1815	2個	

１１．５ 考察

以上、トランジスタによる発振回路の製作と波形測定により、発振回路の基本的な原理について理解することが出来た。本実験では弛張発振回路（Relaxation oscillator）と移相発振回路について勉強したが他に、水晶振動子や LC によるコルピッツ発振回路（Colpitts oscillator)、ハートレ発振回路（Hartley oscillator)、ピアース型発振回路（Pierce oscillator)、クラップ発振回路（Clapp oscillator)、ブリッジ発振回路（Bridge type oscillator)、パルス発振回路（Pulse oscillator）など色々な発振回路があり色々な使用目的により使い分けられている。

参考文献等

（１）鈴木雅臣：「続トランジスタ回路の設計」 pp314-337：ＣＱ出版
（２）大久保次郎：「トランジスタ・ダイオードの使い方」pp129-140：ＣＱ出版

（3）ミニブリッジ取扱説明書。
（4）デイプメータ取扱説明書。
（5）オシロスコープ取扱説明書。
（6）発振器取扱説明書。
（7）電源取扱説明書。
（8）トランジスタ規格表